

# PREDIKSI CBR-LAPANGAN PADA PONDASI MATRAS DI ATAS TANAH LUNAK DIPERKUAT TIANG-TIANG BAMBU MENGGUNAKAN FORMULA KLASIK TERZAGHI

Suyuti<sup>1)</sup>, Muhammad Rizal<sup>2)</sup>, Yuni Damayanti<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Khairun

email:suyuti@unkhair.ac.id<sup>1)</sup>, muhrizal@unkhair.ac.id<sup>2)</sup>, yuni.damayanti@unkhair.ac.id<sup>3)</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v10i1.262>

(Received: December 2019 / Revised: February 2020 / Accepted: March 2020)

## Abstrak

Permukiman dan infrastruktur dibangun di sekitar sungai berada dalam ancaman bencana banjir. Tanggul sungai dibangun untuk menghindari banjir di atas tanah dasar dengan konsistensi tanah rendah  $q_u < 25 \text{ kN/m}^2$ . Sebagai konsekuensi bahwa tanah dasar memiliki kapasitas dukung rendah dan deformasi besar akibat pembebanan. Cara tradisional adalah banyak digunakan oleh masyarakat lokal untuk meningkatkan kekakuan tanah dan mereduksi deformasi. Tujuan penelitian ini adalah fokus pada penentuan kapasitas tanah dasar lunak yang diperkuat tiang-tiang bambu dengan Metode CBR-Lapangan. Cara perkuatan tanah adalah mengikuti prosedur: (i) penggalian tanah matras, (ii) pemasangan tiang bambu, (iii) peletakan material tanah lunak distabilisasi semen sebagai matras, dan (iv) perawatan matras and (v) pengujian CBR-lapangan. Karena itu, penelitian ini adalah memprediksi CBR lapangan pada pondasi matras didukung oleh tiang-tiang bambu menggunakan formula klasik Terzaghi. Variasi parameter jari-jari piston CBR yakni  $R_0$  sebesar 2,5 cm ~ 10 cm, sudut penyebaran tekanan  $\beta$  sebesar  $5^\circ \sim 30^\circ$ , tebal matras  $t_{mat}$  sebesar 22 cm adalah telah dikerjakan dengan beberapa simulasi. Hasil prediksi nilai CBR-lapangan pondasi matras adalah ditemukan CBR-lapangan berkisar 4,9% ~ 5,1%. Hasil CBR pengujian faktual pada uji model adalah sebesar 4,9%. Hasil prediksi CBR-lapangan dan observasi CBR lapangan uji model adalah sama sebesar 4,9% untuk penggunaan piston faktual  $R_0$  besarnya 2,5 cm. Penelitian perhitungan untuk memprediksi CBR-lapangan dapat diterapkan oleh insinyur lokal.

Kata kunci: *Formula klasik, CBR-lapangan, pondasi matras, tiang bambu, tanah lunak*

## Abstract

A residences and infrastructures are in built around riverside under attack flood disaster. A bank built to avoid the disaster on the subgrade with low soil consistency  $q_u < 25 \text{ kN/m}^2$ . As consequence that the subgrade has low bearing capacity and large deformation due to loading. Traditional method is widely used by Indonesian locally to increase soil stiffness and to deformation. The purpose of research is focused on determining bearing capacity of soft soil which is reinforced by bamboo piles with CBR-field method. The soil reinforcement method is followed construction procedure: (i) cutting the ground, (ii) installing bamboo pile, (iii) placing soil materials stabilized by cement as mattress, (iv) curing mattress, (v) testing CBR-field and (vi) constructing embankment. Therefore, this research is predicted CBR-field on the foundation of matras supported by bamboo piles using classical formula Terzaghi's. The variation of radius of CBR piston such as  $R_0$  of 2,5 cm ~ 10 cm, the angle of load spreading  $\beta$  of  $5^\circ \sim 30^\circ$ , mattress thickness  $t_{mat}$  of 22 cm were carried out by several simulations. The prediction results of foundation of matras are found CBR-field of 4,9% to 5,1%. The CBR-field results of factual of model test is about CBR-field of 4,9%. The results of

CBR prediction and CBR observation model tests are same about 4,9% for using factual piston  $R_0$  of 2,5cm. The research of calculation CBR-field for prediction can be applied by local engineers.

Keywords: *Classical formula, CBR-field, mattress foundation, bamboo pile, soft soil.*

## 1. Latar Belakang

Tanah lunak adalah tidak memiliki nilai kekakuan yang cukup untuk mendukung beban-beban di atasnya. Sebagai konsekuensinya, konstruksi embankment yang dibangun di atas tanah yang memiliki kapasitas dukung batas rendah dan deformasi besar akibat pembebanan. Karena itu, di dalam rangka pemenuhan kapasitas dukung tanah  $q_u$ , atau  $2c_u$ , maka kekakuan tanah tersebut perlu ditingkatkan kapasitasnya, seperti melakukan perkuatan cara mekanis dengan memancang tiang bambu/kayu, di mana, cara mekanis diterapkan untuk meningkatkan kapasitas dukung batas tanah seperti kapasitas tarik, geser dan berat volumenya. Cara ini telah banyak diteliti dengan menggunakan aturan berdasarkan konstruksi standar (DPU., 1999a, 1999b). Namun, pemenuhan perhitungan kapasitas dukung yang menggunakan formula yang terintegrasi pada sistem pondasi tradisional adalah masih terbatas bagi insinyur lokal.

Departemen Pekerjaan umum (DPU, 1989) melaporkan bahwa hasil pengujian skala penuh di 3 (tiga) lokasi Jawa Barat (Karawan, Cirebon, dan Banjar). Beban batas ( $Q_u$ ) pada *Plate Loading Test* di atas tanah lunak diperkuat tiang-tiang bambu dilaporkan terdapat peningkatan sebesar  $Q_u=215\sim315\%$  terhadap kapasitas dukung tanpa bambu (di mana: panjang bambu  $L=4\text{m}$ , diameter  $d=7\sim8\text{ cm}$ , spasi tiang dengan pola bujur sangkar  $s = 3d \sim 4d$ ).

Roosseno (1999) menulis karya ilmiah tentang fenomena pada sistem pondasi tradisional, dimana proses konstruksinya adalah: (i) pemasangan tiang-tiang kayu (*Cerucuk*) di dalam tanah sangat lunak, (ii) konstruksi matras dari material kerikil dilapisi lembaran polyfelt. Dilaporkan bahwa dengan pemasangan tiang kayu diameter  $d=12\text{ cm}$ , panjang  $L=4\text{ m}\sim5\text{ m}$ , jarak tiang  $s=40\text{ cm}$  (pola bujur sangkar) pada lapisan tanah lunak (kapasitas dukung  $q_u=25\text{ kN/m}^2$ ), adalah telah mampu mendukung tekanan pondasi dari beban gedung empat tingkat sebesar  $47\text{ kN/m}^2$ . Hal ini dibuktikan bahwa hasil pemantauan laju penurunan di lapangan adalah tercatat memenuhi syarat, sehingga secara sederhana dapat disimpulkan bahwa kapasitas tanah dasar dukung awal di atas adalah telah meningkat menjadi kapasitas tanah dasar  $q_u = 50\text{ kN/m}^2$ , sehingga dikatakan bahwa terdapat fenomena peningkatan kapasitas dukung tanah dasar menjadi dua kali lipat.

Departemen Pekerjaan Umum (DPU, 2005) telah mempublikasikan bahwa secara umum untuk tinggi embankment  $H_b \geq 3.0\text{ m}$  dapat dibangun di atas tanah lunak dengan mengaplikasikan sistem pondasi tradisional tiang kayu atau bambu. Syarat stabilitas faktor keamanan  $FS$  pondasi tersebut adalah dapat diprediksi lebih  $FS \geq 1,30$ . Hal ini diperoleh dengan cara meningkatkan kuat geser tanah dasar tak terdrainase dengan cara perkuatan mekanis di atas, dimana dengan metode ini maka sifat fisis tanah dasar lunak dapat meningkat nilai kekakuannya.

Suyuti dkk. (2019) melaporkan bahwa terdapat peningkatan signifikan kekuatan dukung tanah pada tanah berkarung yang distabilisasi semen di atas tanah lunak diperkuat tiang bambu, di mana kapasitas dukung diukur dengan

method CBR-lapangan adalah diperoleh sebesar 4,86%. Tinggi tanggul sungai ( $H_b$ ) adalah sesuai untuk 2,50 m, dengan tebal matras atau sistem pondasi tradisional ini dipasang dengan kedalaman ( $D_f$ ) adalah sebesar 0,40 m ~ 0,60 m.

Fokus penelitian pada analisis empiris kapasitas dukung pondasi tradisional dengan menggunakan formula klasik Terzaghi untuk telapak lingkaran, di mana hasilnya akan dibandingkan dengan data hasil uji CBR-Lapangan. Formula tersebut disusun berkesesuaian dengan dimensi fisik konstruksi pondasi matras. Penelitian adalah diharapkan dapat menjadi alternatif cara menentukan kapasitas dukung batas pondasi matras untuk pekerjaan tanggul.

## 2. Metode Penelitian

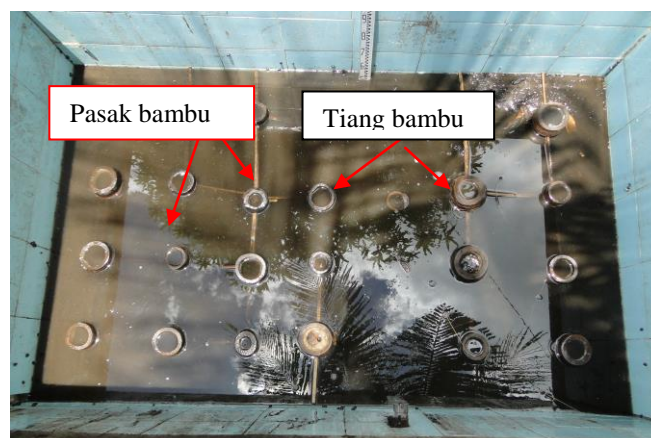
Pelaksanaan penelitian skala penuh adalah menggunakan metode CBR-Lapangan pada model pondasi konstruksi tradisional di atas tanah lunak, berupa karung tanah distabilisasi dan didukung oleh tiang-tiang bambu dengan pola bujur sangkar.

### 2.1 Tahapan pelaksanaan penelitian

Dalam penelitian ini, tahapan penelitian dimulai persiapan material tanah sangat lunak isian yang digunakan pada bak uji adalah diambil dari area kelurahan Gambesi, kota Ternate Selatan. Parameter sifat-sifat fisis tanah seperti kohesi ( $c_u$ ), sudut gesek dalam tanah ( $\phi_s$ ), berat volume tanah ( $\gamma_s$ ) dan Indeks Plastisitas ( $IP$ ) adalah diadopsi dari data hasil penelitian Suyuti dkk. (2019).

Setelah persiapan bak uji skala penuh dipersiapkan material tanah dasar yang telah dilakukan pengujiannya. Kemudian tiang-tiang bambu dipasang dan peletakan karung tanah yang distabilisasi semen (matras). Selanjutnya dilakukan simulasi kapasitas dukung batas pondasi matras dan dilanjutkan prediksi CBR lapangan pondasi.

Pekerjaan konstruksi tradisional untuk perkuatan tanah lunak, di mana dimasukkan ke dalam bak hingga ukuran lebar ( $B_0$ ) 1,25 m, panjang ( $L_0$ ) 2,10 m, kedalaman ( $D_0$ ) 2,05 m. Kemudian data tiang bambu dipancang diameter rata-rata ( $d$ ), panjang terpancang  $L$ , dengan pola bujur sangkar, jarak antar tiang ke tiang bambu ( $s$ )  $3d$ , di mana setiap ujung atas tiang bambu dipasangkan pasak material bambu (empat sisinya) sebagai pengikat (Suyuti dkk., 2019) seperti diperlihatkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Tampak atas pemasangan tiang-tiang bambu dengan pasang pengikat



Gambar 2 Peletakan geo-bambu di atas tiang tiang bambu

Setelah meletakkan geo-bambu di atas pemasangan perkuatan tiang-tiang bambu dengan pola bujur sangkar. Tanah galian bak dicampur dengan semen 10% terhadap volumenya. Tanah yang sudah terstabilisasi dimasukkan kedalam karung plastik. Selanjutnya, pemasangan konstruksi karung tanah distabilisasi semen (matras) 2 lapisan, di mana karung dipasang dengan selingan lapis-1 (karung tanah diletakkan sejajar arah memanjang bak uji dan lapis-2 (karung tanah diletakkan melintang arah memanjang bak uji diperlihatkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Proses pencampuran basah material tanah dan sement 10%

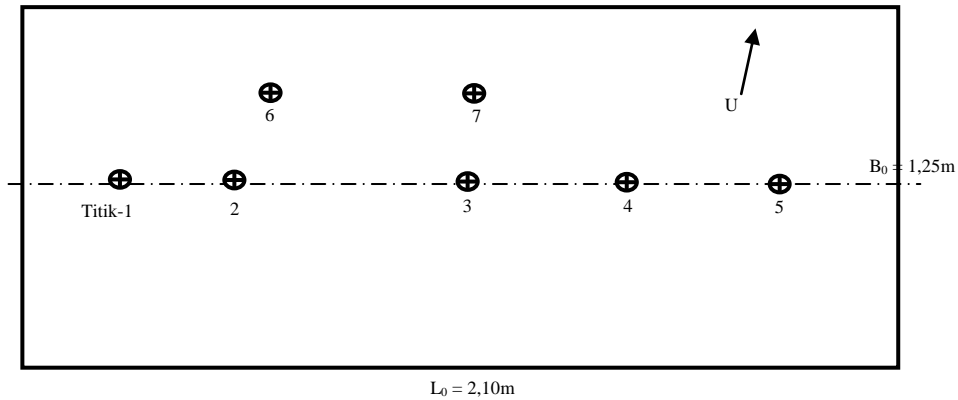


Gambar 4 Tampak atas hasil pemasangan matras



## 2.2 Pelaksanaan pengujian CBR-Lapangan

Pengaturan frame dan pemasangan alat uji CBR-lapangan pada model skala-penuh adalah diuji sebanyak 7 (tujuh) titik seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Tampak atas penempatan titik-titik uji



Gambar 6 Pengaturan rangka dan alat uji CBR-lapangan

Pengaturan frame pertama diletakkan pada garis tengah arah memanjang bak uji tanah untuk pengujian CBR-lapangan pada titik 1~5, sedangkan penempatan frame kedua yakni pada sisi kiri arah utara untuk pengujian CBR-lapangan pada titik 6 dan 7. Pengujian CBR-lapangan pada karung tanah distabilisasi sebagai matras adalah ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Pelaksanaan pengujian CBR-lapangan pada model uji skala penuh

Gambar 7 menunjukkan bahwa pengujian CBR-lapangan tersebut adalah ditumpu pada rangka baja (kedua sisinya digapit masing-masing dengan dua batang angker), sehingga posisi tekanan penetrasi beban hidraulik CBR dapat bekerja dengan baik.

## 2.3 Teori Klasik Kapasitas Dukung Pondasi Matras

### 2.3.1 Teori kapasitas dukung pondasi

Prediksi kapasitas dukung pondasi matras dibangun di atas tanah diperkuat tiang-tiang bambu yang terpancang di dalam tanah lunak. Untuk menentukan kapasitas dukung batas pondasi tradisional matras ini adalah dijelaskan pada Gambar 8. Kapasitas dukung batas pondasi adalah dapat didefinisikan sebagai

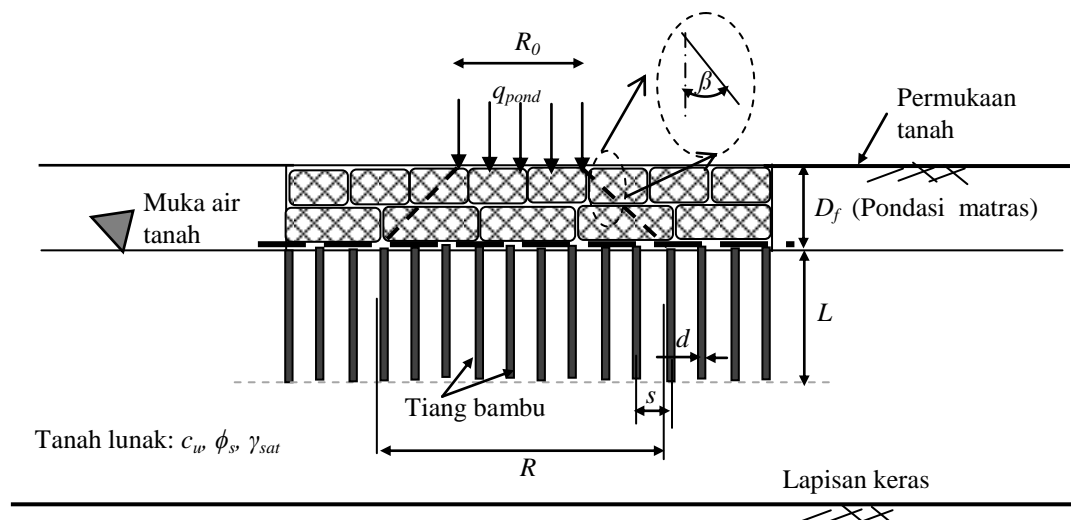
$$q_{up} = q_{mat} + q_{geb} + q_{bb} \quad (1)$$

Untuk pertimbangan desain kondisi  $FS = 1,0$  (*referensi*), maka dapat didefinisikan bahwa tekanan beban  $p_{beban} = q_{up}$ . Sehingga dapat ditulis

$$p_{beban} = q_{up} \quad (2)$$

- 1) Kapasitas dukung matras ( $q_{mat}$ ) menggunakan formula klasik Terzaghi dan Peck (1948), bahwa untuk telapak lingkaran didefinisikan sebagai

$$q_{mat} = 1,2cN_c + \gamma_s D_f N_q + 0,6\gamma_s R N_\gamma \quad (3)$$



Gambar 8 Potongan melintang pondasi matras di atas tiang-tiang bambu

di mana  $c_u$  = kohesi tanah tak terdrainase,  $\phi_s$  = sudut gesek dalam tanah,  $\gamma_s$  = berat volume tanah,  $R_0$  = jari-jari telapak pada muka pondasi dan  $D_f$  = kedalaman pondasi.

Faktor-faktor kapasitas dukung tanah:  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  adalah (Das, 1979)

$$N_q = \exp(\pi \tan \phi_s) \times \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi_s}{2} \right) \quad (4a)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi_s \quad (4b)$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi_s \quad (4c)$$

Dengan mengasumsikan bahwa matras tanah akan meningkat nilai kepadatannya, sehingga jari-jari penyebaran tekanan beban statik  $R$  adalah dapat digambarkan sebagai

$$R = R_0 + \tan \beta \times D_f \quad (5)$$

Di mana  $\beta$  = sudut penyebaran beban, gravel memiliki sudut penyebaran  $\beta = 27^\circ$  (untuk gravel kondisi padat dengan  $\phi = 35^\circ$ ).

- 2) Kapasitas dukung tarik geo-bambu ( $q_{geb}$ ) dapat ditentukan dengan mempertimbangkan adanya deformasi arah vertikal akibat tekanan beban statik  $p'_{beban}$  (Yamaguchi, 1963)

$$q_{geb} = \frac{T_{geb} \times \sin \phi_{geb}}{R} \quad (6)$$

di mana  $T_{geb}$  = tarik putus geo-bambu,  $\phi_{geb}$  = sudut friksi antara geo-gambu, matras dan  $R$  = radius penyebaran tekanan beban.

- 3) Kapasitas dukung tiang-tiang bambu terpancang di dalam tanah adalah ditentukan mengikuti metode statik, koefisien friksi alfa  $\alpha$  dapat didefinisikan sebagai

$$q_{bambu} = \alpha_{bambu} c_u \quad (7)$$

Koefisien friksi  $\alpha$  antara tiang-tiang bambu dan tanah lempung (Kolk, 1996).

$$\alpha_{bambu} = 0.5(L/d)^{-0.2} \times (c_u / p'_0)^{-0.3} \quad (8)$$

di mana  $L$  = panjang tiang terpancang (m) dan  $d$  = diameter rata-rata tiang (m).

Penentuan rasio  $c_u/p'_0$  antara kuat geser tanah ( $c_u$ ) dan tekanan awal lapisan tanah lempung ( $p'_0$ ) adalah menggunakan korelasi dengan nilai Indeks Plastisitas dalam (%). Dimana Skempton telah melakukan penelitian bahwa untuk  $IP$  tanah lunak terkonsolidasi normal berupa lempung kelanauan dan lempung. Rasio  $c_u/p'_0$  telah didefinisikan sebagai (Skempton, 1954),

$$(c_u / p'_0) = 0.11 + 0.0037(IP) \quad (9)$$

Hubungan antara nilai CBR-lapangan dan kapasitas dukung batas tanah dasar adalah direkomendasikan sebagai (Black, 1962)

$$CBR(\%) = \frac{q_{up}}{10} \quad (10)$$

Di dalam rangka menginiasiasi bahwa kondisi pondasi matras dan tanah dasar bekerja keseimbangan elastis (Mempertimbangkan  $FS > 1.0$ ) (DPU, 2002, 2005), maka penulis mengusulkan bahwa korelasi nilai CBR-lapangan dalam kondisi pondasi matras adalah didefinisikan sebagai

$$CBR(\%) = \frac{q_{ap}}{10} \quad (11a)$$

$$q_{ap} = \frac{q_{up}}{F_s} \quad (11b)$$

### 2.3.2 Teori CBR-lapangan kapasitas dukung pondasi

Untuk menentukan kapasitas dukung pondasi matras di atas tanah lunak diperkuat tiang-tiang bambu. Nilai CBR-lapangan adalah dihitung (SNI, 2011)

- Penetrasi alat 0,1 inchi (2,54mm),

$$CBR = \frac{\text{Tekanan beban, } p}{0,71 \text{ kg/mm}^2} \times 100\% \quad (12a)$$

- Penetrasi alat 0,2 inchi (5,08mm),

$$CBR = \frac{\text{Tekanan beban, } p}{1,06 \text{ kg/mm}^2} \times 100\% \quad (12b)$$

Tekanan beban  $p$ ,

$$p = \frac{P}{A} \quad (13)$$

di mana:  $P$  = uji bacaan beban dan  $A$  = luasan penetrasi piston alat uji.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Data Uji CBR lapangan

Dalam rangka membandingkan persamaan empiris yang telah merekomendasikan pada persamaan (1), pelaksanaan titik pengujian sebagaimana yang telah dijelaskan pada Gambar 5 bahwa pengujian CBR-lapangan sebanyak 7 (tujuh) titik yang telah dikerjakan pada tanggal 1 – 2 Juni 2018 hasilnya diperlihatkan pada pada Tabel 1.

Tabel 1 Bacaan beban uji CBR-lapangan

Data hasil pembacaan beban saat pengujian CBR-lapangan, $P$ (kg)							Deformasi bawah piston, $\delta$ (mm)/(inchi)
Titik uji CBR							
1	2	3	4	5	6	7	
70	55	35	30	60	60	60	0.64 / (0.025)
70	40	43	40	70	85	85	1.27 / (0.05)
75	105	50	50	65	90	90	1.91 / (0.075)
80	120	55	55	55	85	85	2.54 / (0.1)
80	120	65	60	50	80	80	3.18 / (0.125)
-	120	75	70	53	75	75	3.81 / (0.15)
	-	90	85	53	90	90	4.45 / (0.175)
		100	95	50	90	90	5.08 / (0.2)
		110	105	55	80	80	5.72 / (0.225)
		115	130	50	115	115	6.99 / (0.275)
		125	150	60	115	115	7.62 / (0.3)

Catatan: Hasil bacaan arloji konversi beban  $P$  dikalikan 10.

#### 3.2 Hasil uji CBR-lapangan

Perhitungan data CBR-lapangan adalah dijelaskan sebagai contoh titik uji-3 (Tabel 1) dengan tahapan adalah:

- Perhitungan tekanan beban ( $p$ ) dalam persamaan (4) dengan tahapan bacaan ke-1 pada Tabel 1 di atas, adalah beban  $P = 36$  kg, diperoleh deformasi  $\delta = 0.64$  mm/ atau ditulis  $\delta = 0.025$  inchi. Digunakan standar luasan penetrasi piston uji CBR-lapangan,  $A = 1,936 \text{ mm}^2$ .
- Data tekanan beban ( $p$ ) menjadi,  $p = 0.0021 \text{ kg/mm}^2$ . Koreksi tekanan beban  $p'$  berdasarkan prinsip dasar pada perhitungan grafik CBR-lapangan, sehingga tekanan beban terkoreksi  $p' = 0.0021 \text{ kg/mm}^2$ . Plot hasil data semua tekanan beban point 4, sesuai hasil hitungan hingga tahapan akhir pada titik uji-1.



Selanjutnya, plot hasil koreksi tekanan beban point 5) dan diestimasi mengikuti trend grafik plotting data point 6).

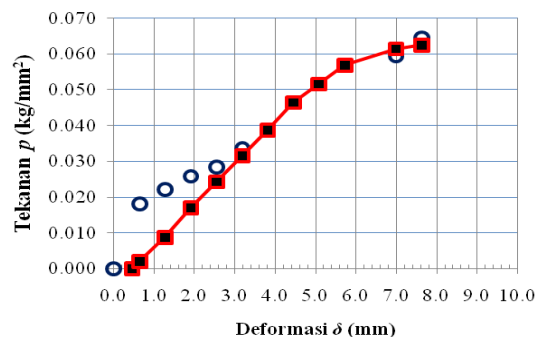
- Hasil hitungan CBR penetrasi alat 0.1 Inchi (persamaan 3), dan 0.2 Inchi (persamaan 4) adalah:

$$CBR = \frac{0.027 \text{ kg/mm}^2}{0.71 \text{ kg/mm}^2} \times 100\% = 3.8\% , \text{ dan}$$

$$CBR = \frac{0.053 \text{ kg/mm}^2}{1.06 \text{ kg/mm}^2} \times 100\% = 5.0\% .$$

Sehingga rata-rata CBR lapangan titik uji 3 sebesar 4.4 %.

Dengan mangacu pada data uji CBR-lapangan (Tabel 1) dan mengikuti tahapan urutan perhitungan tersebut, maka nilai rata-rata CBR lapangan untuk 7 (tujuh ) adalah diperoleh sebesar CBR-lapangan = 4.9% (Suyuti dkk., 2019).



**Gambar 9** Grafik hubungan tekanan beban ( $p$ ) dan deformasi ( $\delta$ ) untuk uji 3

### 3.3 Hasil Perhitungan Pondasi Matras

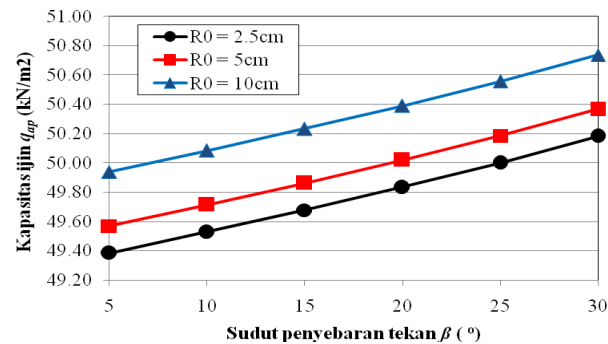
Data perhitungan kapasitas dukung pondasi matrass, data hasil uji sifat-sifat fisis tanah seperti kohesi ( $c_u$ ) = 5.0 kN/m<sup>2</sup>, sudut gesek dalam tanah ( $\phi_s$ ) = 9,5°, berat volume tanah ( $\gamma_s$ ) = 14,3 kN/m<sup>3</sup> dan Indeks Plastisitas ( $IP$ ) = 7 % adalah digunakan dari hasil penelitian Suyuti dkk (2019).

Dimensi tiang bambu telah terpancang diameter digunakan rata-rata  $d$  = 8.07 cm, panjang  $L$  = 1.0 m, jarak antar tiang bambu  $s$  =  $3d$ . Tebal matras dua lapisan disusun dengan arah saling berlawanan (tebal matras  $t_{mat}$  = 22cm), diukur kedalaman pondasi matras  $D_f$  = 0.22 m.

Karena material anyaman geo-bambu yang digunakan relatif masih mudah, maka dapat mestimasi bahwa tarik geo-bambu adalah digunakan 50 kali lebih kecil dari hasil pengujian tarik hasil uji geo-bambu, sehingga diperoleh  $T$  = 5.06 kN/m oleh Hedge dan Sitharam (2015). Sudut gesekan antara geo-bambu dan matrass akibat adanya deformasi batas runtuh adalah sebesar  $\phi_{geb}$  = 30°.

Kapasitas dukung batas ( $q_{up}$ ) dikerjakan dengan menggunakan dimulai dari nilai jari-jari piston  $R_0$  = 0.025 m, dimana divariasikan nilai  $R_0$  = 0.025 m ~ 0.10 m (dimana diestimasi  $R_0$  = 0.025 m dari luasan  $A$  = 1,936 mm<sup>2</sup>). Penyebaran tekanan beban piston melalui pondasi matras diambil sudut  $\beta$  = 5° ~ 30°. Sementara kondisi batas pondasi matras dan tanah dasar dipertimbangkan menggunakan faktor keamanan  $FS$  = 1.30 [DPU., 2002, 2005]. Adapun hasil simulasi antara variasi sudut penyebaran pondasi matras  $\beta$  dan kapasitas dukung ijin pondasi ( $q_{ap}$ ) dengan mempertimbangkan  $FS$  = 1.30 tersebut. Hasil ini adalah

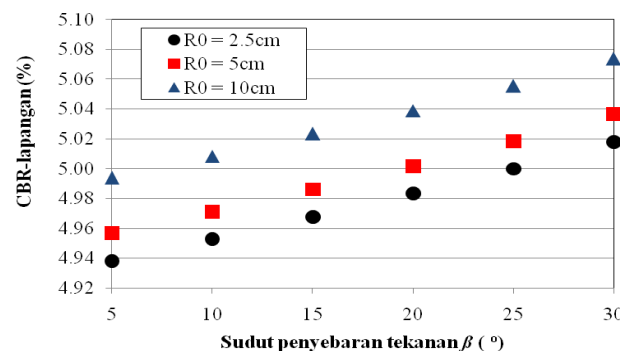
ditunjukkan pada Gambar 9. Sedangkan hasil simulasi nilai CBR-lapangan dengan menggunakan persamaan 11b adalah ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik hubungan sudut penyebaran tekanan dan kapasitas dukung ijin

Gambar 10 menunjukkan bahwa hasil simulasi kapassitas dukung ijin pondasi matras ( $q_{ap}$ ) dengan  $FS = 1.30$  adalah mendekati sama dengan nilai faktual CBR-lapangan.

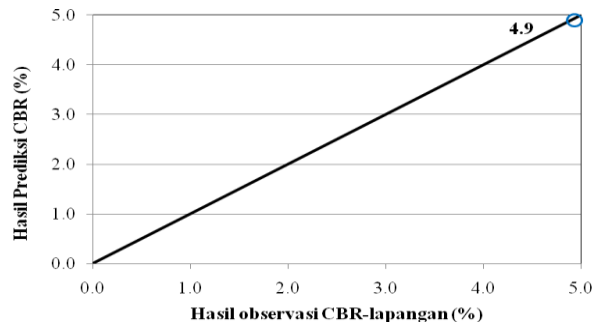
Dalam pehitungan kapasitas dukung batas pondasi matras ( $q_{up}$ ), di mana ditentukan kekuatannya adalah ditentukan oleh (i) parameter tanah dasar, (ii) parameter dan dimensi perkuatan geo-bambu seperti tegangan tarik putus  $T$  dan sudut gesek tanah yang diambil  $\phi_{geb}$  dan (iii) parameter dan perasamaan perhitungan kapasitas dukung tiang-tiang bambu yang terpancang adalah sesuai prosedur.



Gambar 11 Grafik hubungan sudut penyebaran tekanan beban dan CBR-lapangan

Gambar 11 Menunjukkan hasil prediksi CBR-lapangan dengan menggunakan persamaan klasik Terzaghi di atas. Di dalam simulasi dilakukan variasi nilai sudut penyebaran tekanan beban pada pondasi Matras ( $\beta = 5^\circ \sim 30^\circ$ ). Sementara untuk jari-jari piston  $R_0 = 2,5$  cm adalah diperoleh hasil prediksi CBR-lapangan, CBR = 4,9 %~5,0 %. Namun, setelah memvariasikan dimensi jari-jari piston  $R_0 = 5$  cm dan  $R_0 = 10$  cm, hasil CBR- lapangan diperoleh sebesar 5,0 % dan 5,1%.

Selanjutnya, hasil simulasi perbandingan antara CBR observasi dan prediksi dengan faktual diameter piston yang digunakan  $R_0 = 2,5$  cm adalah ditunjukan pada Gambar 12.



Gambar 12 Grafik hubungan observasi CBR-lapangan dan prediksi CBR-lapangan

Gambar 12 menunjukkan bahwa hasil simulasi perbandingan antara CBR observasi dan prediksi adalah sama nilai CBR-lapangan sebesar 4,9%.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa formulasi klasik Terzaghi dengan pondasi telapak diterapkan dalam memprediksi kapasitas dukung  $q_{up}$  di mana kontribusi kapasitas dukung pondasi matras adalah bisa ditentukan oleh tekanan akibat massa galian tanah. Hal ini dapat membuktikan bahwa pondasi matras sebagai penyebar tekanan beban dari konstruksi di atasnya, berupa konstruksi embankment. Kriteria syarat stabilitas yang disebutkan dalam pedoman pembangunan embankment  $FS$  sebesar 1,30 adalah sama sesuai dengan hasil observasi CBR-lapangan sebesar 4,9 %. Hasil simulasi menjelaskan bahwa kekuatan kapasitas dukung ijin pondasi matras ditentukan oleh tebalnya matras ( $D_f$ ), bukan signifikan ditentukan oleh lebarnya parameter piston  $R_0$  dan lebar penyebaran tekanan beban  $\beta$  karena dari simulasi yang telah dikerjakan dengan variasi kedua parameter di atas, hasilnya adalah hanya bertambah nilai CBR-lapangan sebesar 0,2%. Dari kesimpulan ini bahwa penggunaan formulasi klasik Terzaghi dapat digunakan sebagai salah satu alternatif yang dapat membantu pekerjaan insinyur sipil. Namun, untuk menambah tingkat akurasi, karena itu masih diperlukan banyak pembuktian data observasi skala penuh di lapangan.

##### 4.2 Saran

Penelitian ini menyarankan perlu banyak pembuktian data dengan observasi dimensi model skala penuh lain di lapangan untuk menguji formula yang dilaporkan dalam penelitian ini. Dimensi piston  $R_0$  dalam memodelkan uji beban statik adalah lebih direkomendasikan untuk mencari beban layan ijin yang bisa didukung oleh konstruksi sistem pondasi matras.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat LPPM, Universitas Khairun atas penyediaan pendanaan penelitian skema Mandiri yang melalui Fakultas Teknik Tahun 2019. Terima juga kepada Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil dan Teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah menyediakan fasilitas untuk terlaksananya penelitian ini dengan baik.

### Daftar Kepustakaan

- Badan Sertifikasi Nasional, 2011, Metode Uji CBR Lapangan, SNI-1738, hal.1 - 11
- Black, W.P.M., 1962, A Method of estimating the California Bearing Ratio of cohesive soil from plasticity data, Geotechnique, Volume 12 (issue 4), hal. 217 - 282
- Das. B.M., 1979, Introduction to Soil Mechanics, The IOWA State Press, USA, hal. 118 – 353
- Departmen Pekerjaan Umum (DPU), 1989, Tiang bambu sebagai bahan perbaikan tanah lunak, Laporan akhir.
- Departmen Pekerjaan Umum, 1999(a), Tata cara pelaksanaan pondasi Cerucuk kayu di atas tanah lembek dan tanah gambut, No.029/T/BM/1999
- Departmen Pekerjaan Umum, 1999(b), Tata cara pelaksanaan pembuatan jalandi atas gambut dengan menggunakan pondasi gelagar kayu, Pedoman Teknik, No.009/T/BM/1999
- Departmen Pekerjaan Umum, 2002, Desain dan Konstruksi for Road Embankment on Soft Soils, Edisi 1–Buku ke-4, Litbang Prasarana Transpoortasi, hal. 26 - 43
- Departmen Pekerjaan Umum, 2005, Stabilisasi dangkal tanah lunak untuk konstruksi timbunan jalan (dengan semen dan cerucuk), Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Pd.T-11-2005-B, hal. 1 - 30
- Hedge, A dan Shitaram, T.G., 2015, Use of bamboo on soft-ground engineering and its performance comparison with geosynthetic : Experimental studies, J. Material and Civil Engineering DOI.10.106(ASCE) MT.1943.533.0001224, hal.1-9
- Kolk, H.J. dan Van der Velde, E., 1996, A Reliable Method to Determine Friction Capacity of Piles Driven into Clays, In Proceeding of The Offshore Technology Conference, Houston, Tex., 6-9 May 1996, hal. 337-346
- Roosseno, 1999, Karya ilmiah, Phenomena cerucuk kayu.
- Skempton A.W., Discussion of the Structure of Inorganic Soil, Proceedings–Separated (315), 1954, hal. 19 - 22.
- Suyuti, Mufti A.S. dan Zulkarnain K.M., 2019, Bearing Capacity of Soil Bags on Soft Ground Reinforced by Bamboo Pile, Int. J. of GEOMATE, Vol.16, Issue 53, hal.32-39.
- Terzaghi K dan Peck R.B., 1948, Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1948, hal.167-175.
- Yamaguchi H., 1963, Practical Formula of Bearing Capacity for Two Layered Ground, Proc.2nd Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo, 1, hal. 176 – 211.